

SISTEM TINGGI DALAM REALISASI KADASTER 3D DI INDONESIA: TANTANGAN, PERMASALAHAN DAN ALTERNATIF SOLUSI

*Leni S. Heliani**, *M. Ellya Putriningtias***, *Nurrohmat Widjajanti****

Abstract: One important component in the 3D cadastral system is the definition of height component. The height of a cadastral object is the height above a certain height reference field. Based on the concept and its use, there are many height reference fields. Each reference field will have a certain effect on the type of height system and on the corresponding precision. The absolute height is defined in reference to the national height reference, which provides certainty and clear geometric and topological relations for 3D cadastral objects. However, the ideal national height reference field, in this case precise geoid models has not been defined for the whole of Indonesia. An alternative solution to the problem uses a definition of a local geoid model or the use of a high-resolution global geoid model, the EGM2008. In the implementation, the precision level of the available geoid model and the required precision level of cadastral objects height become the basis for the selection of a geoid model. The use of the geoid model as the height reference has also an impact on the optimization/development of the application of BPN CORS stations that can be used as a horizontal as well as a vertical reference point in 3D cadastral mapping.

Keywords: 3D cadastre, cadastral mapping, geoid.

Intisari: Salah satu komponen penting dalam sistem kadaster 3D adalah pendefinisian komponen tinggi. Tinggi suatu obyek kadaster didefinisikan sebagai tinggi terhadap suatu bidang referensi tinggi tertentu. Berdasarkan konsep dan penggunaannya, terdapat berbagai bidang referensi tinggi yang berpengaruh terhadap jenis sistem tinggi dan jenis tinggi yang digunakan serta ketelitiannya. Tinggi absolut merupakan tinggi yang didefinisikan terhadap satu bidang referensi tinggi nasional. Dalam pemetaan obyek kadaster 3D, tinggi absolut memberikan kepastian dan hubungan geometrik dan topologi yang jelas. Namun demikian, bidang referensi tinggi nasional yang ideal dan unik, yaitu model geoid yang teliti, belum dapat didefinisikan untuk seluruh wilayah Indonesia. Solusi alternatif adalah pendefinisian model geoid lokal atau penggunaan model geoid global beresolusi tinggi. Dalam implementasinya, tingkat ketelitian model geoid yang tersedia dan tingkat kebutuhan ketelitian tinggi objek kadastral menjadi dasar pertimbangan pemilihan model geoid. Penggunaan model geoid sebagai referensi tinggi kadaster 3D berdampak juga pada optimalisasi/pengembangan aplikasi stasiun CORS BPN yang dapat digunakan sebagai titik referensi horisontal juga vertikal dalam pemetaan obyek kadaster 3D.

Kata Kunci: Kadaster 3D, pemetaan kadaster, geoid.

A. Pengantar

Indonesia adalah negara berkembang dengan tingkat pertumbuhan ekonomi dan penduduk sebesar 1,49. Pada tahun 2010, Indonesia merupakan negara nomor 4 terbanyak di dunia

dengan jumlah penduduk sekitar 237,64 juta orang (BPPS, 2013). Pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang tinggi mengakibatkan semakin intensifnya kebutuhan dan penggunaan lahan terutama di wilayah perkotaan.

Ketersediaan lahan yang terbatas dan tingginya harga lahan di wilayah perkotaan mengubah pola penggunaan lahan menjadi lebih efisien. Dalam hal ini struktur bangunan dan kegiatan menjadi bersifat vertikal yaitu, di atas dan di bawah tanah serta bertingkat, seperti apartemen,

* Leni S. Heliani, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, **M. Ellya Putriningtias, Staf Badan Pertanahan Nasional RI, ***Nurrohmat Widjajanti, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

jalan layang dan terowongan bawah tanah dan lain sebagainya. Perubahan penggunaan lahan diperkotaan tersebut memerlukan sistem untuk memastikan bahwa penggunaannya sudah benar, tidak menimbulkan konflik dan mempunyai kepastian hukum/legal (Doner dan Biyik, 2007)

Kadaster merupakan sistem pendaftaran tanah komprehensif mengenai kepemilikan, penggunaan suatu obyek bidang tanah. Kadaster bertujuan memberikan kepastian hukum dan perlindungan hukum kepada pemegang hak atas suatu bidang tanah, satuan rumah susun dan hak-hak lain yang sudah terdaftar. Saat ini sistem kadaster yang dianut di Indonesia adalah berbasis persil 2D, dimana pendaftaran tanah masih dilakukan berbasis pendaftaran persil. Seiring dengan perubahan struktur bangunan dan kegiatan akibat intensifikasi penggunaan lahan memerlukan informasi keruangan 3D, maka sistem pengelolaan kadaster perlu dikembangkan menjadi sistem kadaster 3D. Berdasarkan laporan Cadastral 2014, kadastral harus dapat menunjukkan kondisi legal persil lengkap meliputi hak dan kewajiban publik (Kaufmann dan Steudler, 1998).

Referensi yang digunakan saat ini dalam penataan administrasi pertanahan obyek fisik 3D di Indonesia adalah Undang-undang (UU) Nomor 20 Tahun 2011 tentang Rumah Susun. UU tersebut terfokus pada bangunan bertingkat yang utamanya berfungsi sebagai pemukiman ataupun sebagai tempat komersial misalnya perkantoran dan toko ataupun tempat dengan fungsi sosial. Sementara infrastruktur perkotaan lainnya belum terangkum dalam UU ini. Dalam pelaksanaan pengelolaannya UU No. 20 Tahun 2011 masih mengacu pada bidang tanah yang sifat teknisnya 2D dan pemetaan ruangnya hanya digambarkan dengan gambar denah lantai gedung bertingkat. Hal ini berarti belum mengakomodasi semua obyek fisik di atas dan bawah

bidang tanah dan belum memakai sistem pemetaan 3D serta sistem digital yang berkembang saat ini (Teknik Geodesi, 2011).

Dalam rangka menunjang penataan penguasaan, kepemilikan, penggunaan, dan pemanfaatan bidang tanah beserta obyek fisik di bawah dan atasnya secara adil dan bermartabat, diperlukan perangkat pendukung kebijakan kadaster 3D yang terpadu dan multidimensi. Peraturan terkait kadaster 3D (tidak hanya untuk rumah susun) perlu dilengkapi dan dikembangkan untuk menciptakan kejelasan dan ketertiban administrasi pertanahan. Selanjutnya untuk mendukung peraturan, pengembangan sistem referensi dan teknik pengukuran serta basis data yang terkait bidang tanah dan obyek fisik 3D di atas dan di bawah permukaan tanah, harus dibuat dan digunakan untuk menunjang proses penetapan dan pengelolaan hak atas tanah dan obyek fisik 3D (Santo dkk, 2012).

Salah satu aspek yang sangat menentukan dalam pendefinisian obyek kadaster 3D adalah pendefinisian komponen tinggi. Perkembangan teknologi pengukuran saat ini seperti teknik fotogrametri, *airborne* dan *ground based laser scanning* juga GNSS telah memungkinkan pengukuran obyek 3D dengan sangat presisi. Lenk (2001), Stoter dan Gorte (2003), Caprioli, dkk. (2005) serta Doner dan Biyik (2007) telah mendiskusikan bagaimana data tinggi digunakan untuk mengembangkan kadaster 2D menjadi 3D, serta berbagai alternatif data tinggi yang dapat digunakan.

Tinggi suatu titik dipermukaan bumi harus didefinisikan terhadap suatu bidang yang dinamakan bidang referensi tinggi. Terdapat berbagai bidang referensi tinggi yang selanjutnya berpengaruh terhadap sistem tinggi dan jenis tinggi yang digunakan serta ketelitian tinggi yang didefinisikan. Dalam makalah ini akan dibahas bagaimana sistem referensi dan metoda pengukuran tinggi yang digunakan dalam mende-

finisikan komponen tinggi dari obyek kadaster, serta beberapa contoh permasalahan dan solusi alternatif dalam implementasi Kadastral 3D di Indonesia.

B. Kadaster 3D

Secara tradisional, pendaftaran kadaster terdiri dari sekumpulan peta-peta pendaftaran dalam 2D yang memuat persil-persil yang didaftar dengan nomor persil yang unik serta arsip buku tanah yang digunakan untuk memelihara informasi properti dari persil tersebut. Sejak dasawarsa terakhir ini, pendaftaran kadaster di negara-negara maju telah dikonversi dari analog menjadi pendaftaran kadaster secara digital. Informasi spasial dari persil sudah tidak lagi dikelola dengan peta-peta kertas melainkan dengan SIG (Sistem Informasi Geografis) dan CAD (*Computer-aided design*) dengan menggunakan SMBDS (Sistem Manajemen Basis Data Spasial) (Teknik Geodesi, 2011).

Kadaster 3D adalah sistem yang berkaitan dengan aktivitas pengukuran, pencatatan dan pembukuan terhadap hak (*rights*) dan pembatasan (*restrictions*) tidak hanya untuk bidang tanah (yang bersifat 2D) tetapi juga untuk unit-unit properti 3D (Stoter dan Gorte, 2003). Unit properti 3D adalah suatu ruang terbatas (dalam situasi 3D) yang bisa dimiliki oleh seseorang dengan suatu hak nyata (*real right*). Situasi properti 3D mengacu pada suatu situasi dimana antara beberapa unit properti yang berbeda terjadi saling tumpang tindih satu sama lain atau juga adanya struktur lain yang lebih kompleks. Situasi properti 3D ini juga biasa dikaitkan dengan properti-properti bertingkat (*stratified properties*). Pada situasi properti 3D, beberapa pengguna menggunakan sejumlah ruang (*volume*) yang dibatasi secara 3D. Ruang ini terletak di atas atau di bawah antara satu sama lain yang mana ruang ini kesemuanya bisa berada dalam satu

persil basis yang sama maupun bisa juga berada dalam persil basis yang berbeda (artinya ruangan 3D ini bisa memotong batas persil). Status hukum dari situasi 3D ini harus bisa diterjemahkan sedemikian rupa sehingga situasi ini bisa didaftar dalam pendaftaran kadaster (Teknik Geodesi UGM, 2011).

Prinsip dasar dalam pendaftaran kadaster adalah *publicity* (publisitas) dan *speciality* (kekhususan). Publisitas berarti bahwa dokumentasi terkait pendaftaran dan pengalihan hak atas tanah (sertifikat) dapat diakses oleh pihak ketiga untuk keperluan penegakan aspek legal tanah. Kekhususan berarti hubungan antara subyek manusia dan obyek tanah didefinisikan secara jelas dan dapat diakses untuk keperluan penegakan aspek legal tanah (Van der Molen, 2001). Istilah kadaster 3D bisa dinyatakan/direalisasikan melalui (Stoter dkk, 2002):

- a. *Full 3D cadastre*, yaitu menggunakan konsep properti 3D sebagai unit/bidang referensi dan registrasi, dimana kerangka legal, transaksi properti dan basis data kadaster memperhitungkan penetapan hak individu yang berdasarkan pada ruang 3D (*3D right*).
- b. *Hybrid cadastre*, yaitu sistem registrasi 2D tetap dipertahankan, hanya setiap properti dan legal 3D diintegrasikan ke dalam sistem 2D. Hal ini mempertahankan kerangka legal yang bereferensi pada 2D yang secara simultan meregistrasi obyek kadaster 3D.
- c. Tag 3D dalam sistem Kadastral 2D, yaitu pemeliharaan/penambahan sistem kadastral 2D dengan referensi eksternal untuk merepresentasikan secara digital situasi 3D, dimana situasi 3D yang kompleks diregistrasi secara *ad hoc*.

Kebutuhan akan kadaster 3D ini muncul seiring dengan berkembangnya berbagai macam jenis konstruksi dalam situasi 3D seperti rumah susun, gedung-gedung perkantoran dan pusat-

pusat bisnis yang bertingkat, terowongan, jalur pipa, dll, yang disebabkan oleh tekanan akan kebutuhan tanah di daerah perkotaan. **Tabel 1** menunjukkan data banyaknya Rumah Susun Sederhana menurut Lokasi, Luas Area, Tipe dan Kota Administrasi di Jakarta Tahun 2013.

Tabel 1. Data rumah susun di wilayah DKI Jakarta (DKI dalam Angka, 2013)

Uraian	Satuan	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Jakarta Pusat	Jakarta Barat	Jakarta Utara	Jumlah
Lokasi	Lokasi	2	6	8	3	4	23
Luas	Ha	2,60	10,71	368	743	29,16	153,47
Jumlah blok	Blok	6	32	29	13	37	117
Tipe							
	12	-	-	-	-	-	-
	14	-	100	-	-	-	100
	16	-	51	-	-	-	51
	18	-	688	250	800	-	1738
	21	440	66	2258	310	252	3326
	27	-	-	110	-	-	110
	30	-	1260	80	200	3360	4900
	36	-	-	-	-	-	-
	54	-	-	-	-	-	-
Jumlah		440	2365	2698	1310	3712	10525

Kondisi di lokasi lain seperti Daerah Istimewa Yogyakarta, dari sejumlah pembangunan rumah susun yang sudah dibangun, jumlah Sertipikat Hak Milik Atas Satuan Rumah Susun (HMASRS) yang telah diterbitkan baru 130 bidang di Kabupaten Sleman, sedangkan di kabupaten/kota lain belum pernah diterbitkan HMASRS (BPN DI Yogyakarta, 2013).

Menurut Pasal 46 Undang-undang Nomor 20 Tahun 2011 tentang Rumah Susun, bahwa Satuan Rumah Susun dapat dimiliki oleh perseorangan atau badan hukum yang memenuhi syarat sebagai pemegang hak atas tanah. Dimana hak milik atas satuan rumah susun adalah hak milik atas satuan yang bersifat perseorangan dan terpisah dengan hak bersama atas bagian bersama, benda bersama, dan tanah bersama yang dihitung berdasarkan Nilai Perbandingan Proporsional (NPP). NPP adalah angka yang menunjukkan perbandingan antara satuan rumah susun terhadap hak atas bagian bersama, benda bersama, dan tanah bersama yang dihitung berdasarkan nilai satuan rumah susun yang bersangkutan terhadap jumlah nilai rumah susun secara keseluruhan pada waktu pelaku pembangunan pertama kali memperhitungkan biaya

pembangunannya secara keseluruhan untuk menentukan harga jualnya. Dasar hukum hak milik atas satuan rumah susun meliputi:

- Hak pemilikan perseorangan atas satuan rumah susun yang digunakan secara terpisah,
- Hak bersama atas bagian-bagian dari bangunan rumah susun,
- Hak bersama atas benda-benda,
- Hak bersama atas tanah.

Kesemuanya merupakan satu kesatuan hak yang secara fungsional tidak terpisahkan. Sebagai bukti kepemilikan atas satuan rumah susun, diterbitkan sertifikat hak milik atas satuan rumah susun yang terdiri atas:

- Salinan Buku Tanah dan Surat Ukur atas hak tanah bersama menurut ketentuan Peraturan Pemerintah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 Undang-undang Nomor 5 Tahun 1960,
- Gambar denah tingkat rumah susun yang bersangkutan, yang menunjukkan satuan rumah susun yang dimiliki,
- Pertelaan mengenai besarnya bagian hak atas bagian-bersama, benda-bersama dan tanah-bersama yang bersangkutan.

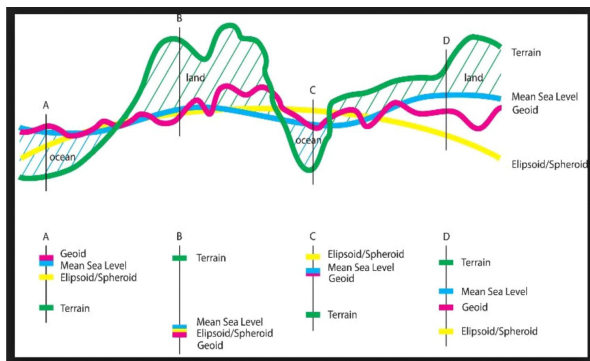
Hak milik atas satuan rumah susun dapat beralih dengan cara pewarisan atau dengan cara pemindahan hak sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku. Pemindahan hak tersebut harus dilakukan dengan akta Pejabat Pembuat Akta Tanah dan didaftarkan pada Kantor Agraria Kabupaten atau Kotamadya yang bersangkutan menurut Peraturan Pemerintah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 Undang-undang Nomor 5 Tahun 1960.

C. Sistem dan Bidang Referensi Tinggi

Tinggi suatu obyek kadaster di permukaan Bumi didefinisikan sebagai jarak vertikal yang diukur antara suatu obyek tersebut di permukaan Bumi terhadap suatu bidang referensi. Bidang referensi tinggi dalam hal ini adalah bidang

acuan/posisi awal mendefinisikan tinggi di permukaan Bumi. Terdapat berbagai bidang referensi tinggi yang saat ini digunakan, yaitu (Hofmann, B.W. dan Moritz, H., 2005):

- Elipsoid, merupakan model matematis Bumi dengan parameter utama setengah sumbu panjang (a) dan pemampatan(f).
- Geoid, merupakan bidang ekuipotensial yang berhimpit dengan permukaan laut rerata yang tidak terganggu.
- Muka laut rerata, merupakan permukaan laut rerata yang didefinisikan berdasarkan hasil pengukuran pasang surut selama minimal 18,6 tahun.
- Tinggi permukaan tanah, merupakan bidang referensi yang diambil dari ketinggian permukaan tanah yang paling dominan disuatu tempat dan bersifat lokal.



Gambar 1. Hubungan antara sistem tinggi fisis (Geoid, MSL) dan Geometrik (elipsoid) (ICSM, 2013)

Hubungan antara berbagai referensi tinggi tersebut ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan referensi tinggi yang digunakan, maka terdapat berbagai jenis tinggi, yaitu:

- Tinggi di atas bidang elipsoid dinamakan tinggi geometrik. Tinggi geometrik hanya menunjukkan jarak geometrik titik terhadap model matematika bumi atau permukaan elipsoid, sehingga tidak mempunyai arti/realisasi fisis di permukaan bumi.
- Tinggi yang didefinisikan terhadap geoid

dinamakan tinggi ortometrik. Tinggi ortometrik selain mempunyai arti geometrik juga mempunyai arti fisis dimana beda tinggi ortometrik merupakan beda potensial, yang mempunyai realisasi fisis di permukaan bumi berupa air mengalir dari titik yang lebih tinggi ke titik yang lebih rendah.

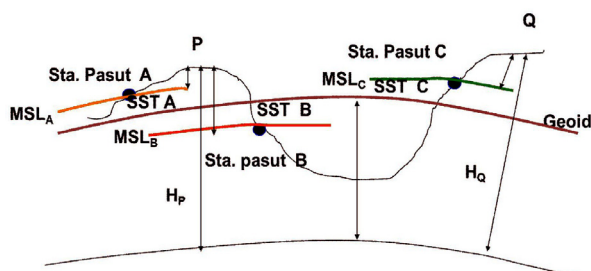
- Tinggi yang didefinisikan terhadap muka laut rerata (MSL) bersifat lokal/hanya bereferensi pada MSL pada satu stasiun atau gabungan beberapa stasiun pasang surut. Selanjutnya, tinggi yang telah ditetapkan di titik stasiun pasang surut disebarkan dalam bentuk jaring Titik Tinggi Geodesi (TTG) melalui pengukuran tinggi teliti dengan metoda sipat datar. Tinggi yang dihasilkan dapat dinyatakan dalam tinggi ortometrik, setelah beda tinggi hasil pengukuran sipat datar dikoreksi ortometrik dengan data gaya berat untuk mengoreksi faktor ketidak-sejajaran bidang geopotensial.
- Tinggi yang didefinisikan terhadap muka tanah bersifat sangat lokal, hanya menunjukkan ketinggian suatu titik/bangunan terhadap permukaan tanah disekitar titik/bangunan tersebut.

Berdasarkan penjelasan tersebut, tinggi ortometrik sebagai tinggi fisis bisa digunakan baik untuk kepentingan praktis maupun ilmiah, sedangkan tinggi geometrik hanya bisa digunakan untuk keperluan ilmiah.

Saat ini di Indonesia secara umum, terutama untuk keperluan praktis telah menggunakan MSL sebagai bidang referensi. Mengingat sifat laut yang sangat dinamis dan periode data yang digunakan untuk mendefinisikan MSL yang bervariasi (idealnya minimal 18,6 tahun), maka MSL yang telah didefinisikan di Indonesia tidak terletak pada satu bidang yang sama atau bukan merupakan bidang ekuipotensial. MSL yang ideal adalah muka laut rerata yang tidak ter-

ganggu/stabil dimana faktor dinamika lautnya sudah terkoreksi dengan baik. Idealnya, MSL memiliki rentang relatif terhadap geoid atau biasa juga dinamakan *Sea Surface Topography* (SST) yang bernilai nol. Pada kenyataannya permukaan laut secara global memiliki SST antara -1,2m sampai +1,5m. Hal ini menyebabkan MSL yang didefinisikan di setiap tempat tidak akan sama/tidak akan terletak pada bidang yang sama, membentuk bidang referensi lokal. Bidang referensi tinggi lokal ini selanjutnya direalisasikan untuk keperluan pemetaan melalui pendefinisian jaringan TTG sehingga membentuk sistem-sistem tinggi lokal. Jika antar MSL bisa dihubungkan melalui jaringan TTG maka posisi relatif antar MSL dapat diketahui, dan dapat dilakukan unifikasi sistem referensi tinggi.

Mengingat Indonesia adalah negara kepulauan, MSL antar pulau tidak bisa disatukan melalui jaringan TTG. Hal ini menyebabkan unifikasi sistem referensi tinggi antar pulau menjadi sistem referensi tinggi nasional sulit untuk dilakukan. Kondisi MSL lokal antar stasiun pasang surut dan antar pulau di Indonesia/negara kepulauan digambarkan seperti pada Gambar 2.

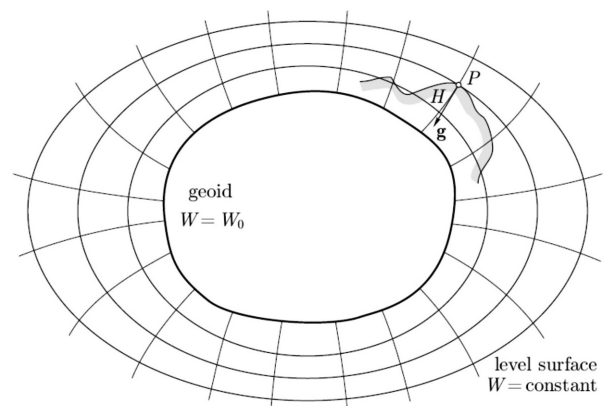


Gambar 2. Sistem referensi tinggi lokal di wilayah negara kepulauan (Heliani dkk, 2010)

Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan upaya penyatuan (unifikasi) sistem referensi tinggi sehingga masing-masing sistem referensi tinggi lokal berada pada bidang referensi yang sama. Satu-satunya cara yang memungkinkan untuk diaplikasikan di Indonesia adalah dengan menggunakan geoid sebagai referensi tinggi.

Geoid merupakan bidang ekipotensial gaya berat (bidang nivo) yang diasumsikan berhimpit dengan MSL yang tidak terganggu (Hofmann, B.W. dan Moritz, H., 2005). Bumi memiliki banyak sekali (tidak terhingga) bidang ekipotensial gaya berat yang tidak saling sejajar dan tidak saling berpotongan satu sama lain, salah satunya ialah geoid, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Tinggi suatu titik diukur sepanjang garis arah gayaberat (*unting-unting*) yang melalui titik yang bersangkutan sampai dengan permukaan geoid. Geoid merupakan bidang referensi yang paling ideal (terutama untuk negara kepulauan seperti Indonesia yang menggunakan sistem referensi MSL pulau/lokal), dengan beberapa alasan sebagai berikut:

- a. Mempunyai sifat yang kontinyu dan konsisten di semua tempat di permukaan bumi,
- b. Mempunyai realisasi fisis di permukaan bumi berupa MSL yang tidak terganggu,
- a. Dapat digunakan untuk unifikasi sistem tinggi lokal/antar pulau dengan menghubungkan/menentukan posisi relatif antar MSL di berbagai stasiun pasang surut,
- b. Model geoid dapat dikembangkan sebagai media/sumber data untuk mentransformasi sistem tinggi geometrik berupa data tinggi geometrik hasil pengukuran tinggi dengan GNSS kedalam sistem tinggi fisis berupa tinggi ortometrik.



Gambar 3. Bidang nivo, geoid dan garis unting-unting. (Hofmann, B.W. dan Moritz, H., 2005)

D. Tantangan dan Hambatan

Dalam rangka mendefinisikan komponen tinggi obyek kadaster 3D secara terintegrasi dalam suatu system pemetaan yang menyatu dengan komponen horisontal yang saat ini sudah digunakan dalam pengelolaan kadaster 2D, maka terdapat berbagai tantangan dan hambatan yang perlu untuk diperhatikan secara seksama. Tantangan dan hambatan ini baik bersifat struktur maupun alamiah, yang selanjutnya dapat diringkas sebagai berikut:

- a. Pendefinisian tinggi suatu obyek dilakukan secara relatif berdasarkan tinggi suatu titik yang ada disekitar obyek 3D kadaster sebagai salah satu alternatif. Namun demikian pendefinisian tinggi relatif ini dapat menimbulkan permasalahan karena ketinggian permukaan tanah disekitar obyek selalu bervariasi, sehingga sulit untuk menentukan permukaan tanah mana yang dijadikan sebagai referensi.
- b. Pendefinisian tinggi obyek kadastral yang ideal adalah secara absolut berdasarkan sistem referensi nasional yang telah ditentukan. Penggunaan sistem tinggi ini selain memastikan kebenaran tinggi obyek secara absolut, dapat juga dipastikan kebenaran hubungan relatif antar obyek kadaster 3D yang terdistribusi baik dalam cakupan yang saling berdekatan (lokal) maupun saling berjauhan (regional dan nasional). Permasalahannya terdapat pada pemilihan bidang referensi tinggi yang sesuai untuk keperluan pemetaan kadaster 3D.
- c. Bidang referensi tinggi untuk keperluan pekerjaan praktis pemetaan di Indonesia saat ini menggunakan MSL. Mengingat kondisi permukaan laut yang bervariasi, maka MSL yang didefinisikan di stasiun tetap pasang surut. Terdapat sekitar 130 stasiun tetap maupun semi permanen tidak pada bidang ekuipotensial yang sama, sehingga membentuk sistem tinggi-sistem tinggi lokal (BIG, 2011).
- d. MSL yang telah didefinisikan di satu stasiun

pasang surut selanjutnya direlisasikan sebagai referensi tinggi pemetaan dalam bentuk jaring titik tinggi yang dinamakan TTG. Selain berfungsi sebagai realisasi MSL, TTG juga berfungsi untuk menghubungkan MSL di satu stasiun pasang surut dengan MSL di stasiun pasang surut lainnya. Dengan demikian posisi relatif antar MSL dapat diketahui dan MSL tersebut dapat unik sehingga menjadi bidang referensi regional bahkan nasional.

- e. Indonesia yang merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, terdiri dari ± 16000 pulau (BIG, 2013), tidak memungkinkan antar pulau dibentuk jaring TTG yang saling terkoneksi. Hal ini menyebabkan unifikasi bidang referensi tinggi tingkat nasional tidak bisa dilakukan, sehingga perlu didefinisikan bidang referensi lainnya sebagai bidang referensi nasional Indonesia yaitu geoid.
- f. Geoid sebagai bidang referensi tinggi yang ideal secara konsep maupun realisasi fisis dipermukaan Bumi, saat ini belum terdefinisikan dengan teliti untuk seluruh wilayah Indonesia. Hal tersebut disebabkan terutama karena ketersediaan data gaya berat terestris yang tidak mencukupi dan distribusinya yang belum merata.
- g. Spesifikasi teknis untuk pengukuran kadastral 2D saat ini yang selanjutnya menjadi kadastral 3D, maka beberapa tahapan pengukuran perlu ditambahkan terkait dengan penambahan dimensi tinggi, yaitu pengukuran 3D Titik Dasar Teknik (TDT) untuk wilayah yang belum mencukup distribusinya menggunakan metoda ekstraterestrial GNSS, pengukuran 3D batas bidang jika memungkinkan menggunakan metoda ekstraterestrial GNSS atau terestrial, pengukuran 3D batas bangunan menggunakan metoda terestris.
- h. Pengukuran TDT dan batas bidang tanah menggunakan metoda GNSS dapat menghasilkan posisi dalam 3D. Posisi horizontal telah

gunakan dan telah teruji ketelitiannya karena posisi horizontal di atas permukaan elipsoid sebagai bidang referensi GNSS akan persis sama dengan posisi horizontal di atas permukaan Bumi. Di sisi lain, posisi vertikal GNSS yang diukur dari permukaan elipsoid hanya merupakan tinggi geometrik yang tidak akan sama dengan tinggi yang diukur di permukaan bumi, sehingga tidak mempunyai realisasi fisis di permukaan Bumi.

- i. Data tinggi geometrik GNSS dapat dirubah menjadi data tinggi ortometrik yang mempunyai realisasi fisis di permukaan bumi dengan menggunakan data tinggi Geoid.

E. Alternatif Solusi

Status hukum dari situasi 3D harus bisa diterjemahkan sedemikian rupa agar objek kadaster bisa didaftar dalam suatu sistem kadaster 3D. Oleh karena itu, untuk bisa melakukan pendaftaran kadaster 3D, dibutuhkan kerangka teknis yang baik juga kerangka kerja hukum yang memadai untuk bisa memodelkan kepastian kepemilikan hak yang ada dalam tiap-tiap unit properti 3D yang akan didaftar. Terkait dengan kerangka teknis, terutama dalam hal teknis pendefinisian komponen tinggi yang masih menjadi salah satu permasalahan dalam pendaftaran kadaster 3D seperti yang telah disampaikan di atas, berikut beberapa alternatif solusi yang dapat dijadikan bahan pertimbangan:

- a. Penggunaan tinggi absolut dalam pendefinisian komponen tinggi obyek kadaster merupakan solusi alternatif yang berkelanjutan dimana hubungan geometrik dan topologi bisa didefinisikan dengan jelas. Permasalahan yang ada pada menentukan bidang referensi tinggi yang ideal dan kompleksitas dalam penyusunan basis datanya.
- b. Geoid sebagai bidang referensi nasional ideal belum terdefiniskan untuk seluruh wilayah Indonesia, maka perlu dilakukan berbagai

alternatif solusi diantaranya:

- i. Pendefinisian geoid lokal, untuk beberapa wilayah dengan potensi obyek kadaster 3D dapat didefinisikan model-model geoid lokal. Pengukuran gaya berat terbatas pada wilayah tertentu dengan kerapatan yang mencukupi (tergantung pada variasi topografi, misalnya interval 2 km sampai 3 km) dapat dilakukan, sehingga menghasilkan model geoid lokal dengan ketelitian fraksi cm.
- ii. Penggunaan model geoid global terbaru. Saat ini telah didefinisikan berbagai model geoid global baru sebagai hasil dari kesuksesan misi satelit gayaberas seperti CHAM, GRACE yang terbaru GOCE. Model geoid global ini dapat diakses secara mudah dan gratis diantaranya melalui *website International Center for Global Earth Model (ICGEM)*: <http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/>). Model geoid global diantaranya yang saat ini paling direkomendasikan adalah EGM2008. Meskipun bukan merupakan model geoid terbaru karena dipublikasikan tahun 2008, EGM2008 merupakan model dengan resolusi spasial tertinggi dengan derajat dan orde maksimal sampai dengan 2190 setara dengan resolusi spasial 18 km (Pavlis dkk, 2012). Yang perlu menjadi catatan adalah ketelitian EGM2008 di wilayah Indonesia hasil pengujian dengan data kolokasi TTG – GNSS masih sekitar 1 m (Heliani, 2010), dengan asumsi data TTG – GNSS dianggap benar, dibandingkan dengan ketelitian Optimalisasi/pengembangan tinggi yang diperlukan untuk pendefinisian objek kadastral.
- c. fungsi jaring permanen GPS (CORS BPN) selain sebagai titik referensi horisontal juga sebagai titik ikat vertikal. Dalam hal ini dengan mengkonversi data tinggi geometrik stasiun CORS menjadi tinggi ortometrik melalui per-

samaan sederhana:

$$h = H - N$$

h adalah tinggi ortometrik yang digunakan sebagai sistem tinggi dalam pengukuran tinggi obyek kadaster 3D, H adalah tinggi geometrik yang dihasilkan dari hasil pengukuran GNSS di stasiun CORS BPN dan N adalah tinggi geoid yang dihasilkan dari pendefinisian model geoid.

Pengembangan sistem ini adalah merupakan salah satu pelaksanaan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2003 tentang Kebijakan Nasional di Bidang Pertanahan dimana pemetaan kadaster dalam rangka inventarisasi dan registrasi penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah dengan menggunakan teknologi citra satelit dan teknologi informasi untuk menunjang kebijakan pelaksanaan *landreform* dan pemberian hak atas tanah.

- d. Posisi 3D jaring permanen GPS (CORS BPN) selanjutnya dikembangkan/digunakan sebagai referensi dalam pendefinisian TDT dan jaring perapatan lainnya. Posisi 3D TDT dengan tinggi dalam sistem tinggi ortometrik dapat langsung diperoleh dengan menggunakan data tinggi geoid lokal yang sudah didefinisikan.

F. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian konseptual sistem tinggi dan bagaimana kondisi realnya di Indonesia serta kemungkinan implementasinya dalam sistem kadastral 3D di Indonesia, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Sistem tinggi untuk pembentukan kadaster tiga dimensi (3D) merupakan bagian yang penting dalam upaya memberikan kepastian hukum dan menyediakan informasi yang lengkap atas obyek HMASRS.
- b. Tinggi absolut di atas referensi tinggi nasional merupakan metoda pendefinisian yang ideal

dimana hubungan geometrik dan tipologi objek pajak jelas, sehingga dapat memberi kepastian hukum.

- c. Model geoid merupakan bidang referensi tinggi yang ideal dalam mendefinisikan tinggi objek kadastral karena konsistensi dan realisasi fisisnya di permukaan Bumi. Pendefinisian model geoid lokal atau penggunaan model global teliti merupakan alternatif untuk menyelesaikan permasalahan belum tersedianya model geoid teliti Indonesia
- d. Data tinggi geoid dapat digunakan untuk transformasi data tinggi geometrik GNSS menjadi data tinggi ortometrik, sehingga jaringan stasiun permanen (CORS BPN) dapat dioptimalkan sebagai referensi pengukuran tidak hanya komponen horizontal tetapi juga komponen vertikal, baik dalam pengukuran TDT, titik perapatan maupun pengukuran batas bidang.
- e. Tersedianya informasi yang lengkap dan terpadu dan mudah diakses akan memberikan manfaat bagi lembaga yang mengurus pendaftaran tanah. Dalam hal ini BPN RI dan tentu saja juga bagi pemegang hak milik atas satuan rumah susun dalam legalitasnya.*

* Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Deputi Bidang Survei Pengukuran Dan Pemetaan BPN-RI, Direktur Pengukuran Dasar BPN-RI dan Kepala Kantor Wilayah Badan Pertanahan Nasional Daerah Istimewa Yogyakarta atas informasi/data dan kesempatan kerjasama. Makalah ini sebagai salah satu keluaran awal hasil kajian pustaka dari penelitian Unggulan Perguruan Tinggi yang dibiayai oleh Dirjen DIKTI.

Daftar Pustaka

- Aditya, T., Subaryono, Waljiyanto, Istarno, Rahardja, U., Diyono, Muryamto, R., Iswanto, F., 2009, Understanding the Urgency for 3D Cadastre in Indonesia: Development and Visualization of a Hybrid 3D Cadastre Model, in: Proceeding of Southeast Asian Survey Congress, 4-7 August, Bali.
- BPN DI Yogyakarta, 2013, Laporan Tahunan Kantor Wilayah BPN DI Yogyakarta 2012
- BPS, 2013, Data laju pertumbuhan dan jumlah penduduk Indonesia berdasarkan provinsi, www.bpps.go.id, akses 25 September 2013.
- BPS DKI Jakarta, 2013, Jakarta Dalam Angka Tahun 2013, <http://jakarta.bps.go.id/flip/jda2013/>
- Doner, F. dan Biyik, C., 2007, Defining 2D Parcels in 3D Space by using Elevation Data, Proceeding FIG Working Week 2007, Hong Kong SAR, China.
- Heliani L.S., L. Fitri, 2008, Evaluasi Model Geopotensial Model di Pulau Jawa, Media Teknik, November 2008
- Heliani, L.S., Danardono, Suryanto, W. dan Indrayanto, E., 2010, Unifikasi Sistem Referensi Tinggi, Laporan Penelitian Hibah Fundamental, Kementerian Riset dan Teknologi.
- Hofmann, B.W. dan Moritz, H., 2005, Physical Geodesy, SpringerWien, NewYork.
- Kaufmann, J., and Steudler, D., (1998), Cadastre 2014 – A Vision for a Future Cadastral Sistem, FIG Publication
- Lenk, U., 2001, Strategies for Integrating Height Information and 2D GIS Data, Proceedings of the Joint OEEPE/ISPRS Workshop-from 2D to 3D, Establishment and Maintenance of National Core Spatial Databases, Oktober 8-10, 2001, Hannover, German.
- Palvis N. K. Pavlis, S. A. Holmes, S. C. Kenyon, J. K. Factor, 2012, The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008), Journal of Geophysical Research: Solid Earth Volume 117, Issue B4,
- Santo, D., Karina, S., Aditya, T. dan Djunarsjah, E., 2012, Initiative on Implementation of 3D Cadastre in Indonesia, http://www.fig.net/pub/fig2012/papers/tso5a/TS05A_santo_karina_et_al_5539.pdf.
- Stoter, J., Salzmann M.A., Van Oosterom P., Van der Molen, 2002, Towards a 3D Cadastre, FIG XXII International Congress Washington, D.C. USA, April 19-26 2002
- Stoter, J.E. dan Gorte, B., 2003, Height in the Cadastre: Integrating Point Heights and Parcel Boundaries, Proceeding FIG Working Week 2003, April 13-17, Paris, France.
- Teknik Geodesi, 2011, Pelayanan Pengukuran dan Perpetaan Ruang Atas dan Bawah Tanah, Laporan Penelitian Pilot Project.
- Van der Molen, 2001, Institutional Aspects of 3d Cadastres, International Workshop on 3D Cadastres, Delft, pp. 53-66, http://www.gdmc.nl/3DCadastre/literature/3Dcad_2001_11.pdf